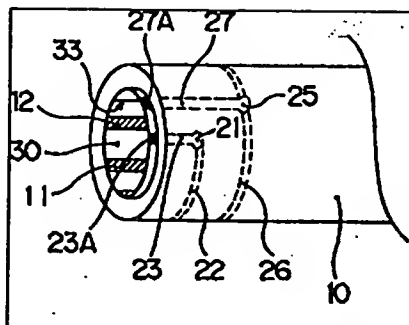


COPYRIGHT : Derwent 2002  
IMAGE KEY : 02-231948



12/14 - (C) Thomson Derwent

Accession Nbr - 2002-231948 [29]

Sec. Acc. Non-CPI- N2002-178371

Title - Ion guide for **mass spectrometry** device,  
has flexible substrate comprising electrodes,  
which is supported by cylindrical base layer

Derwent Classes - **S03** V05

Patent Assignee - (SHMA ) SHIMADZU CORP

Nbr of Patents - 1

Nbr of Countries - 1

Patent Number - JP2002015699 A 20020118 DW2002-29 H01J-049/06  
6p \*

AP: 2000JP-0193974 20000628

Priority Details - 2000JP-0193974 20000628

IPC s - **H01J-049/06** **G01N-027/62**

Abstract - JP2002015699 A

NOVELTY - The electrodes (11,12) are  
alternately provided to a flexible substrate  
(30) which is supported by a cylindrical base  
layer (10).

- DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is  
also included for **mass spectrometry**  
device.

- USE - For conveying ion for use in **mass**  
**spectrometry** device (claimed).

- ADVANTAGE - The need of the holder and bolts  
for electrode assembly is eliminated, hence the  
ion guide of small diameter is achieved and  
conveyance efficiency of the ion is enhanced.

- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows an  
outline view of the ion guide.

- Cylindrical base layer 10

- Electrodes 11,12

- Flexible substrate 30(Dwg.1/13)

Manual Codes - EPI: S03-E10 V05-J01

Update Basic - 2002-29

Update Basic (Mon- 2002-05

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-15699  
(P2002-15699A)

(43)公開日 平成14年1月18日(2002.1.18)

| (51)IntCl. <sup>7</sup> | 識別記号 | FI         | テーマコード(参考) |
|-------------------------|------|------------|------------|
| H01J 49/06              |      | H01J 49/06 | 5C038      |
| G01N 27/62              |      | G01N 27/62 | E          |
|                         |      |            | X          |

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願2000-193974(P2000-193974)

(22)出願日 平成12年6月28日(2000.6.28)

(71)出願人 00001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72)発明者 谷口 純一

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

株式会社島津製作所内

(74)代理人 100097892

弁理士 西岡 義明

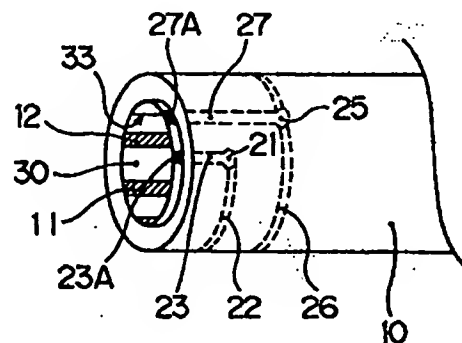
Fターム(参考) 5C038 FF13

(54)【発明の名称】 イオンガイドおよびこれを用いた質量分析装置

(57)【要約】

【課題】組立・調整が容易にでき、しかも小径であるイオンガイドおよびそのようなイオンガイドを用いた質量分析装置を提供する。

【解決手段】フレキシブル基板30上に電極部11、12をパターン形成し、これを丸めて円筒形状の保持部材10により固定することによりイオンガイドを形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】フレキシブルな基板上に電極部をパターン形成し、このフレキシブル基板を円筒形状のベース部材を用いて支持することにより形成したことを特徴とするイオンガイド。

【請求項2】イオン化室で生成されたイオンを、イオンガイドを介して質量分離器に導き、所定の質量分離を行った上で検出器に導いて分析を行う質量分析装置において、前期イオンガイドは、フレキシブルな基板上に電極部をパターン形成し、このフレキシブル基板を円筒形状のベース部材を用いて支持することにより形成したことを特徴とする質量分析装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、真空中間内でイオンを収束させつつ輸送するのに用いるイオンガイド、およびそのイオンガイドを利用してイオンを質量分析計に導き分析を行う質量分析装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】質量分析装置は、真空中又は大気圧下で測定物質をイオン化し、生成されたイオンを質量の違いに基づいて質量分離器により分離し、分離されたイオンを検出器に導いて検出するものである。質量分析装置では、イオンの質量分離や検出を行う質量分析室はイオンが生成されるイオン化室から離れた位置にあり、そのためイオン化室で生成されたイオンを質量分析室まで輸送する必要がある。質量分析を高分解能かつ高感度に行うには、イオンの質量分離や検出の工程を原理上真空中で行う必要があるため、質量分析装置の分解能や検出感度の性能向上を考える上で、真空中のイオン輸送をいかにうまく行うかがポイントとなる。つまり、イオン化室から質量分析室へイオンをできるかぎり損失することなく導くことが重要である。

【0003】従来より損失の少ないイオン輸送を行うための種々の工夫がなされているが、イオンガイドを用いて真空中のイオン輸送を行うこともそのひとつである。イオンガイドを用いた質量分析装置の従来例として、大気圧下で測定物質のイオン化を行い、生成したイオンを真空中の質量分析室に導いて分析を行う液体クロマトグラフ質量分析装置の概略構成を図13に示す。図の装置において、110はイオン化室（大気圧状態）、111は図示しない電源から高電圧が印加された状態で、液体クロマトグラフ装置の分離カラムから試料を含む溶出液が供給されることにより試料のイオン化を行うノズル、112は油回転ポンプ（RP）により低真空状態に維持される第1中間室、113は隔壁で隔てられているイオン化室110と第1中間室112との間を連通するキャピラリであって図示しない加熱機構によりその中を通過するイオン液滴の脱溶媒化を促進する加熱キャピラリ管、114はイオンの進行方向を調整するためのデフレ

クタ電極、115はターボ分子ポンプ（TMP）により中真空状態に維持される第2中間室、116は頂点にオリフィスを有する円錐形状のスキマー、117はイオンガイド、118はターボ分子ポンプ（TMP）により高真空状態に維持される質量分析室、119は四重極質量分離器、120は検出器、である。

【0004】ノズル111でイオン化されたイオン液滴は、イオン化室110と第1中間室112との差圧により加熱キャピラリ管113に引き込まれてこの管内を通過し、その際に脱溶媒化が促進されつつ第1中間室112内に送られて微小イオンとなる。第1中間室112ではデフレクタ電極114によりイオンが収束されつつイオンの進行方向がスキマー116のオリフィスに向くように調整される。スキマー116を通過したイオンはイオンガイド117内に送られる。

【0005】イオンガイド117は、図示しないAC電源（あるいは直流+AC電源）に接続されており、電圧を印加することで形成される電場によって真空中を進行するイオンを収束させつつ、イオンガイド117の後段側に設けられる質量分析室118内の四重極119（質量分離器）に送り込む。このようにイオンガイド117は真空中で輸送されるイオンを収束させつつ、さらに必要に応じて加速・減速させつつ後段の質量分離器に効率よくイオンを送り込む機能を有するものである。

【0006】イオンガイド117にはリング形状の電極を連続的に並べて配置したものや螺旋形状の電極のもの等、従来から多種の形状のものが考案されている。そのなかで形状が最も簡単なもののひとつに複数本の電極棒を用いて形成されるマルチポール型のイオンガイドがある。マルチポール型のイオンガイドの従来例としてオクタポールイオンガイドの構成図を図10に示す。図において11はAロッド、12はBロッドである。Aロッド11とBロッド12とは同一形状であり、それぞれ4本ずつで構成される。これらはイオン軸Xを中心として一定距離離れた円周上に交互に配置され、かつすべてのロッドがイオン軸Xの軸線と平行となるように配置されている。

【0007】13は4本のAロッド11と電氣的に接続されるAリングである。図11は、Aロッド11とAリング13との接続状態を示すためにイオン軸方向から見たときの図である。各Aロッド11にはL字型の端子18が溶接されており、各Aロッド11は、端子18がAリング13に対して図示しないボルトにより固定されることにより位置が定められる。同様に、14は4本のBロッド12と電氣的に接続されるBリングである。図12は、Bロッド12とBリング14との接続状態を示すためにイオン軸方向（図11とは反対方向）から見たときの図である。各Bロッド12にもL字型の端子19が溶接されており、各Bロッド12は、端子19がBリング13に対して図示しないボルトにより固定されること

により位置が定められる。そして、Aリング13とBリング14とは図10に見られるように絶縁リング15を挟んで電氣的に絶縁された状態で固定されている。Aリング13、絶縁リング15、Bリング14からなるロッドの固定保持部はさらにもう1対が図示しないロッドの他端側に取り付けてあり、これら2つの固定保持部によってオクタポールイオンガイドが一体構造となるように固定保持されている。

【0008】AリングとBリングとにはそれぞれ図示しない電源から電圧が印加されるようになっており、これらリングを介して各ロッド11、12に、AC交流電圧を隣接する電極どうしの位相が反転するように印加される。これにより、イオン軸方向に輸送されてきたイオンがイオンガイド内の空間を通過する際に電場の影響を受けて、一定周期で振動しつつ進行することとなり、イオンを収束しつつ後段に送り込むことが可能となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述したようなイオンガイドを形成するには、複数（例えば8本）のロッドを一体構造として固定保持する必要がある、しかも通過するイオンを振動させつつ進行させるためのAC電圧を与えるために、隣合う電極どうしの位相を反転させた形で電圧を印加する必要があることから、電圧導入ラインを兼ねたロッド保持機構はどうしても複雑な機構となっていた。しかもイオンガイドの組み立てにおいては、各ロッドどうしが正確な軸対称性を保ちつつ組み立てなければイオン軸に沿った正確なイオン輸送ができないため、その組立調整作業には熟練を要し、煩雑かつ難関な作業となっていた。さらにはロッドが汚れた場合に洗浄などのメンテナンス作業を行う必要があるが、その際にも電極の位置関係が変化してイオンガイドの再調整が必要とならなければならないように慎重に作業する必要がある。また、イオンガイドは、イオンが通過する内部空間をできるだけ小さくするのが好ましいが、上述するような固定保持機構によるものでは小型化には限界があった。

【0010】そこで、本発明は組立作業や調整作業を非常に簡単に行うことが可能で、しかも小型化が容易なイオンガイド、およびそのようなイオンガイドを用いた質量分析装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するためになされた本発明のイオンガイドは、フレキシブルな基板上に電極部をパターン形成し、このフレキシブル基板を円筒形状のベース部材を用いて支持することにより形成したことを特徴とする。

【0012】又、本発明に係る質量分析装置は、イオン化室で生成されたイオンを、イオンガイドを介して質量分離器に導き、所定の質量分離を行った上で検出器に導いて分析を行う質量分析装置において、前期イオンガイドは、フレキシブルな基板上に電極部をパターン形成

し、このフレキシブル基板を円筒形状のベース部材を用いて支持することにより形成したことを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施例を用いて説明する。図1は本発明の一実施例であるイオンガイドの概略構成を示す図である。図2は図1のイオンガイドに用いるフレキシブル基板を展開して表側から見た状態を示す図であり、図3はそのフレキシブル基板を展開して裏側から見た状態を示す図であり、図4そのフレキシブル基板を円筒形状に丸めた状態を示す図である。

【0014】図2において30は電気絶縁性を有する方形のフレキシブル基板である。フレキシブル基板30としては後述するように丸めて円筒形状にすることができる程度の屈曲性が必要があり、例えばカプトンフィルムが好適である。フレキシブル基板30の表面には電極11、12がそれぞれ4本ずつパターン形成される。これら電極はマスクを用いた周知のスパッタリング法や真空蒸着法或いは銀ペースト塗布により形成することができる。電極11と電極12とは $\theta$ 方向に一定間隔ずつ離されて綫状となるように形成され、フレキシブル基板30の $z$ 方向の一辺31と他辺32とが接するように $\theta$ 方向に丸めて円筒形状としたときにすべての電極11、12が円周上で等間隔に配置されるように構成される。4本の電極11それぞれに貫通部21が形成され、4本の電極12それぞれに貫通部25が形成され、後述するようにフレキシブル基板30の裏面に形成される接続電極と電氣的に接続されるようにしてある。

【0015】フレキシブル基板30の裏面側には図3に見られるように、4つの貫通部21を電氣的に接続するため接続電極22が形成され、又、4つの貫通部25を電氣的に接続するための接続電極26が形成される。ここで貫通部21、25は図2における貫通部21、貫通部25と同じものである。なおフレキシブル基板30が円筒形状となるように丸めた際に接続電極22の端部24Aと端部24Bとが接し、また接続電極26の端部28Aと端部28Bとが接する。したがって4本の電極11間、4本の電極12間はそれぞれ接続電極で導通されることにより同電位となる。さらに裏面上には接続電極22から電氣的に接続される引込電極23、接続電極26から電氣的に接続される引込電極27が形成され、その一端がフレキシブル基板の $\theta$ 方向の一辺に至り、端部23A、27Aが形成されるようにしてある。端部23A、27Aにおいて図示しない外部の電圧導入端子と接続される。

【0016】図4はフレキシブル基板30を丸めて円筒形状にしたときの状態を示す図である。円筒の内側面には綫状の電極11、電極12が互いに円周方向に等間隔離れて形成されている。円筒の外側面には環状の接続電極22、26が形成されている。貫通部21、25では図4の断面拡大図にて示すように貫通部内壁の電極21

Aで接続される。なお、この電極21Aはスパッタリングや真空蒸着の際の回りこみにより電極11等と同時に形成されるが、表裏両面に形成される電極の電氣的接続を確実なものとするために、電極21Aの部分に後から銀ペーストを塗布しておいてもよい。

【0017】フレキシブル基板は図1に示すように辺33(辺31と辺32とが接続されて形成される)で接するように丸めることにより円筒形状にしてあり、これと同じく円筒形状であるベース部材10の内面に貼り付けるようにして固定される。なお、辺33で接続電極22の端部24A、24B、接続電極26の端部28A、28Bが確実に電気接続されるように、この部分に銀ペースト等を塗布するのが望ましい。

【0018】ベース部材10としては絶縁性を有し、熱的・機械的に変形しにくいものが求められる。そのため、ベース部材の材料としては例えばガラスやテフロン(登録商標)のパイプが適している。

【0019】なお、外部電源との接続が簡単にできるように端部23A、27Aがベース部材の端から少し突き出すようにして固定するのが望ましい。このようにして円筒の内面には電極11と電極12とが交互に円周上に等間隔に形成されるように貼り付けられる。

【0020】フレキシブル基板30の外側面とベース部材10の内面との間には図1において点線で示すように引込電極23、27、接続電極22、26が形成されており、これらと貫通部21、25とを介して印加電圧が各電極11、12に供給される。フレキシブル基板30のベース部材10への貼り付けは、適当な接着剤、例えばボンド(登録商標)等が用いられる。

【0021】このようにして形成されたオクタボールイオンガイドは従来の棒状(円筒形状)の電極を平板(パターン電極)で近似していることになるが、パターンの幅、距離を最適な値に調整することにより、従来の棒状のオクタボールイオンガイドと同等の電界を発生させることが可能である。

【0022】本発明の他の実施例を図5、6、7に示す。図5は展開した状態のフレキシブル基板を表面側から見た状態を示す図であり、図6そのフレキシブル基板を裏面側から見た状態を示す図であり、図7はそのフレキシブル基板を丸めた状態を示す図である。

【0023】この例のものでは、図5に見られるようにフレキシブル基板30上においてZ方向に一定間隔ずつ隔てて電極41～45が綫状にパターン形成される。そして各電極41～45にそれぞれ貫通部46～50が形成される。図6に示すようにフレキシブル基板30の裏側において、貫通部46～50は接続電極51～54を介して電氣的に接続される。この接続電極51～54については、良伝導性の接続電極とすることも、又、一定の抵抗成分を有する接続電極とすることも可能である。良導体の場合、抵抗成分を有する場合のいずれであって

もスパッタリング、真空蒸着によりパターン形成することにより容易に形成することができる。即ち、パターン形成する部分に抵抗率の高い材料を選択したり、この部分の厚みや幅を小さくすることにより抵抗を大きくすることで抵抗成分を備えることが可能である。5つの貫通部46～50のうち両端に位置する貫通部46、50については引込電極58、59が形成され、フレキシブル基板30の端部58A、59Aにて外部電圧端子と接続できるようにしてある。このフレキシブル基板30を丸めて円筒形状とすることにより、図7に示すように軸方向に一定間隔ずつ離れたリング状電極が形成される。この円筒状のフレキシブル基板30を、図1と同様にベース部材を用いて固定保持することにより、従来のリング状電極と同様の機能を持たせることができる。

【0024】なお、接続電極に抵抗成分を与えた場合において、電極にAC電圧とともに直流電圧を印加することにより、電極間にDC勾配を持たせることが可能となり、簡単にイオンの減速・加速を行うことができるようになる。

【0025】さらに本発明の他の実施例を図8、9に示す。ここで図8は展開した状態のフレキシブル基板を表面側から見た状態を示す図であり、図9はこのフレキシブル基板を丸めた状態を示す図である。

【0026】この例のものでは図8に見られるようにフレキシブル基板30上においてZ方向に一定間隔ずつ隔てて電極61～68が綫状に形成される。各電極61～68はZ方向と直角ではなく斜めに傾斜させてあり、フレキシブル基板30をθ方向に丸めたときに電極61の一端61Bと電極62の一端62Aとが接し、電極62の他端62Bと電極63の一端63Aとが接するようにしてある。したがって丸めた状態では電極端どうしが接続され、図9に見られるように螺旋形状の1本の電極が形成される。なお、左端の電極61の一端61Aはフレキシブル基板30の左辺に至り、この位置に端部61Aが形成される。また、右端の電極68はフレキシブル基板30の右辺に至り、この位置に端部68Bが形成される。この61Aと68Bは外部電圧端子に接続されることができる。

【0027】なお、上述したイオンガイドの例では、いずれも外部電圧端子との接続を行う場所をフレキシブル基板30の辺の近傍で行うようにしているが、ベース部材10にも貫通孔を形成し、この貫通孔がフレキシブル基板30裏面の接続電極あるいは貫通部上に位置するようにして、直接ベース部材に形成した貫通孔から電圧を印加するようにしてもよい。この場合は引込電極を形成する必要がなくなる。このようにして形成した電極により、従来からある螺旋状電極によるイオンガイドと同等の効果を得ることができる。

【0028】

【発明の効果】以上、説明したように本発明のイオンガ

イドでは、フレキシブル基板上に電極をパターン形成し、このフレキシブル基板を円筒形状に丸めて固定することによりイオンガイドを形成するようにしたので、電極を組み立てるための保持部材等が不要となるのでボルト止め等も必要なくなる。又、これに伴い、イオンガイドを構成する各電極間の組立や調整作業は不要となる。又、小径のイオンガイドを構成することが可能となる。これにより、通過イオンの収束効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例であるイオンガイドを組立てた状態の概略構成を示す図。

【図2】図1のイオンガイドに用いるフレキシブル基板を展開して表側から見た状態を示す図。

【図3】図1のイオンガイドに用いるフレキシブル基板を展開して裏側から見た状態を示す図。

【図4】図1のイオンガイドに用いるフレキシブル基板を丸めた状態を示す図。

【図5】本発明の他の一実施例であるイオンガイドで用いられるフレキシブル基板を展開して表側から見た状態を示す図。

【図6】本発明の他の一実施例であるイオンガイドで用いられるフレキシブル基板を展開して裏側から見た状態を示す図。

【図7】図5のイオンガイドで用いるフレキシブル基板を丸めた状態を示す図。

【図8】本発明の他の一実施例であるイオンガイドで用いられるフレキシブル基板を展開して表側から見た状態を示す図。

【図9】図8のイオンガイドで用いるフレキシブル基板

を丸めた状態を示す図。

【図10】従来からのイオンガイドの構成を示す図。

【図11】図10のイオンガイドのAロッドとAリングとの関係を示す図。

【図12】図10のイオンガイドのBロッドとBリングとの関係を示す図。

【図13】イオンガイドを用いた質量分析装置の全体構成を示す図。

【符号の説明】

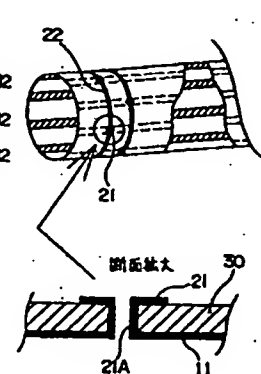
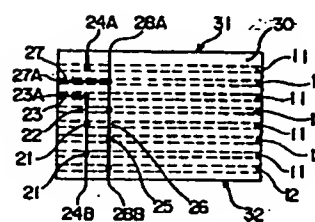
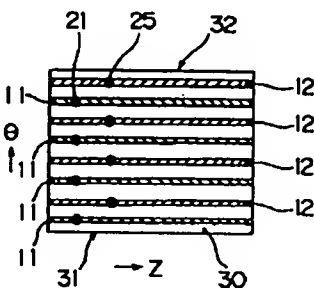
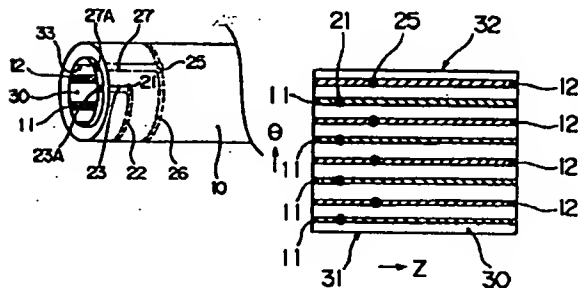
- 10：ベース部材
- 11、12：電極
- 21：貫通部
- 22：接続電極
- 23：引込電極
- 23A：端部
- 25：貫通部
- 26：接続電極
- 27：引込電極
- 27A：端部
- 30：フレキシブル基板
- 110：イオン化室
- 111：ノズル
- 112：第1中間室
- 115：第2中間室
- 116：スキマー
- 117：イオンガイド
- 118：質量分析室
- 119：四重極
- 120：検出器

【図1】

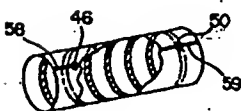
【図2】

【図3】

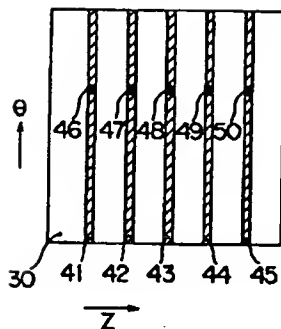
【図4】



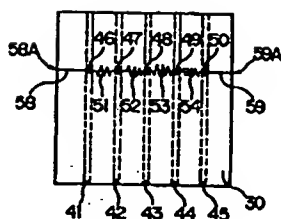
【図7】



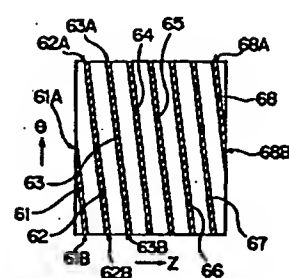
【図5】



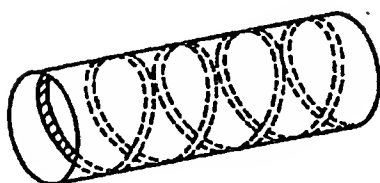
【図6】



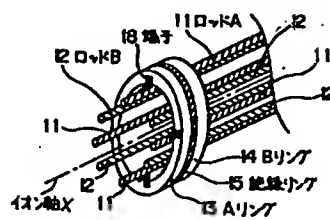
【図8】



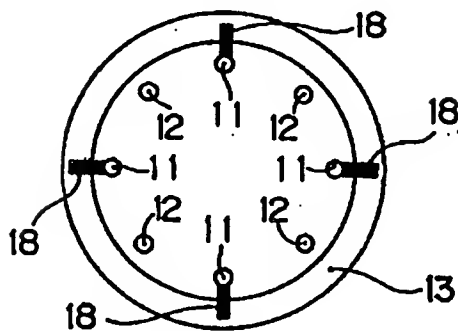
【図9】



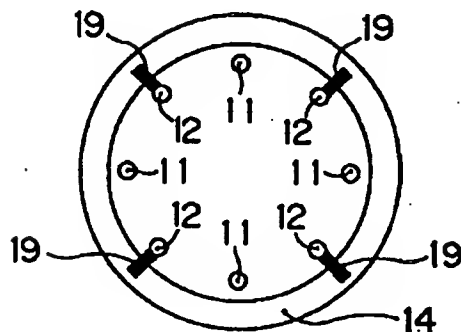
【図10】



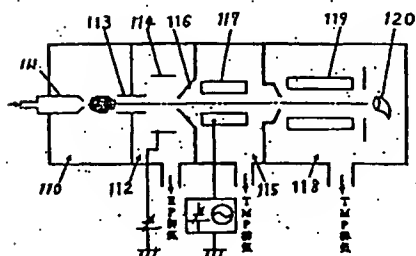
【図11】



【図12】



【図13】





# ION GUIDE, AND MASS SPECTROMETER USING SAME

(12) Title of publication .....Japanese Laid-Open Patent Gazette (A)  
(11) Patent publication number.....2002-15699 (P2002-15699A)  
(43) Date of publication .....18 January 2002  
(21) Application number .....2000-193974 (P2000-103974A)  
(22) Date of application .....28 June 2000  
(71) Applicant.....000001903  
KK Shimazu Seisakusho  
1 Kuwabara-chō, Nishinokyo,  
Nakagyō-ku, Kyōto  
(72) Inventor.....TANIGUCHI Jun'ichi  
KK Shimazu Seisakusho,  
1 Kuwabara-chō, Nishinokyo,  
Nakagyō-ku, Kyōto  
(74) Agent .....100097892  
NISHIOKA Yoshiaki, patent lawyer  
F terms (reference) .....5C038, FF13

(54) [Title of the invention] Ion guide, and mass spectrometer using same

(57) [Abstract]

[Object] It is an object of the present invention to provide an ion guide which is both compact, and easy to assemble and adjust, and a mass spectrometer which makes use of such an ion guide.

[Structure] The ion guide comprises electrode patterns 11, 12 formed on a flexible substrate 30, which is supported by means of a cylindrical retaining member 10.

[Claims]

[Claim 1] An ion guide characterised in that electrode patterns are formed on a flexible substrate, which is supported on a cylindrical base member.

[Claim 2] A mass spectrometer wherein ions generated in an ion chamber are guided through an ion guide into a mass separator for separation in the prescribed manner and thence into a detector for analysis, characterised in that the ion guide comprises electrode patterns formed on a flexible substrate, which is supported on a cylindrical base member.

**[Detailed description of the invention]**

[0001]

[Field of industrial application] The present invention relates to an ion guide which is used to converge and transport ions within a vacuum, and to a mass spectrometer wherein the ion guide is used to guide ions into a mass separator and thence into a detector for analysis.

[0002]

[Prior art] Mass spectrometers ionise substances for measurement under vacuum or at atmospheric pressure the substances, separate the resultant ions according to differences of mass, and guide the ions after separation into a detector for analysis. In a mass spectrometer, the mass analysis chamber where the ions are separated and detected is at some distance from the ionisation chamber where the ions are generated. Accordingly, it is necessary to transport the ions to the mass analysis chamber. If mass analysis is to be implemented with a high degree of resolution and sensitivity, it is vital to consider how best to transport the ions within a vacuum. In other words, they must be guided from the ionisation chamber to the mass analysis chamber with as little loss as possible.

[0003] Various attempts have been made to minimise loss during ion transport. One of these involves the use of an ion guide. In conventional mass spectrometers which employ an ion guide, the substances for measurement are ionised at atmospheric pressure, after which the resultant ions are guided into the mass analysis chamber under vacuum, and analysed with the aid of liquid chromatography as illustrated in Fig. 13. In the device depicted in the drawing, 110 is the ionisation chamber (at atmospheric pressure), 111 is a nozzle which serves to ionise the sample by spraying the eluate in which it is contained from the separation column of the liquid chromatograph, high voltage being impressed on it from a power source not depicted in the drawing. 112 is a first intermediate chamber in which a state of low vacuum is maintained with the aid of a rotary pump (RP). 113 is a heated capillary tube connecting the ionisation chamber 110 and the first intermediate chamber 112 through a

separating partition. This promotes desolvation of ion droplets passing through it thanks to a heating mechanism not depicted in the drawing. 114 is a deflector electrode for the purpose of adjusting the direction in which the ions advance, while 115 is a second intermediate chamber which is kept in vacuum state with the aid of a turbomolecular pump (TMP). 116 is a cylindrical skimmer with an orifice at the top, 117 is an ion guide, 118 is the mass analysis chamber which is kept in vacuum state with the aid of a turbomolecular pump (TMP), 119 is a quadrupole mass separator, and 120 is the detector.

[0004] Ion droplets ionised by virtue of the nozzle 11 are drawn into the heated capillary tube 113 as a result of the pressure differential between the ionisation chamber 110 and the first intermediate chamber 112. As they pass through this tube, they are desolvated and enter the first intermediate chamber 112 as fine ions. In the first intermediate chamber 112 they are converged by the deflector electrode, while the direction in which they advance is adjusted so that they head towards the orifice in the skimmer 116. They then pass through the skimmer 116 and are guided into the ion guide 117.

[0005] The ion guide 117 is connected to an AC (or DC + AC) power supply not depicted in the drawing, and converges the ions as they pass through the vacuum by means of an electric field formed by impressing voltage. On the downstream side of the ion guide 117 the ions are guided into the quadrupole mass separator 119 within the mass analysis chamber 118. In this manner the ions are converged as they are transported within a vacuum along the ion guide 117, accelerated or decelerated as necessary, and guided effectively into the mass analysis chamber.

[0006] Various configurations of the ion guide 117 have been proposed, some of which have ring-shaped electrodes arranged along their length, while others have spiral electrodes. One of the simplest configurations is a multipole ion guide equipped with a plurality of electrode rods. Fig. 10 illustrates the configuration of an octapole ion guide as an example of the conventional multipole variety. In the drawing, 11 are A rods, while 12 are B rods. The A rods and B rods are of the same shape, and there are four each of them. They are arranged alternately at regular intervals around the circumference centring on and parallel with the ion axis X.

[0007] 13 is an A ring, which is connected electrically to the four A rods 11. Fig. 11 is a view from the direction of the ion axis illustrating the manner in which the A rods 11 and the

A ring 13 are connected. An L-shaped terminal 18 is welded to each A rod 11, and the position of each A rod 11 is determined by virtue of the fact that the terminals 18 are fixed to the A ring 13 with bolts not depicted in the drawing. Similarly, 14 is a B ring which is connected electrically to the four B rods 12. Fig. 12 is a view from the direction of the ion axis (the opposite direction from Fig. 10) illustrating the manner in which the B rods 12 and the B ring 14 are connected. An L-shaped terminal 19 is welded to each B rod 12, and the position of each B rod 12 is determined by virtue of the fact that the terminals 19 are fixed to the B ring 14 with bolts not depicted in the drawing. As may be seen in Fig. 10, the A ring 13 and the B ring 14 are fixed with an insulating ring 15 between in such a manner as to be electrically insulated. The rod-holding member comprising the A ring 13, insulating ring 15 and B ring 14 is one of a pair: the other is located at the opposite end of the rods, and is not depicted in the drawing. These rod-holding members serve to hold the octapole ion guide together as a single structure.

[0008] The structure is so configured that voltage is impressed on both the A ring and the B ring from a power source not depicted in the drawing. Through these rings AC voltage is impressed on the rods 11, 12 in such a manner that the potentials of adjoining electrodes are reversed. Thus, ions transported in the direction of the ion axis are affected by the electric field as they pass through the spaces within the ion guide and oscillate at a given frequency, thus making it possible to converge them and guide them to the next stage.

[0009]

[Problem which the invention seeks to solve] In order to form an ion guide of the type described above, it is necessary to hold a plurality of rods (for example, eight) together as a single structure. What is more, if AC voltage is to be impressed to cause the ions to oscillate as they pass through, it must be impressed in such a manner that the potentials of adjoining electrodes are reversed. This can only result in a complex mechanism. Moreover, assembling the ion guide requires a great deal of expertise because it is impossible to guarantee correct transport of the ions along the ion axis unless strict axial symmetry between the rods is maintained. Furthermore, the rods need cleaning and maintaining, and great care must be taken to avoid the any alteration to the relative positions of the electrodes which might render it necessary to readjust the ion guide. Finally, it is desirable that the internal spaces in the ion guide through which the ions pass be as small as possible, and there are limitations to the

extent to which compactness can be achieved in the face of the retaining mechanism which is described above.

[0010] It is an object of the present invention to provide an ion guide which is both compact, and easy to assemble and adjust, and a mass spectrometer which makes use of such an ion guide.

[Means of solving the problem] The ion guide to which the present invention pertains has been devised with the aim of solving the abovementioned problems, and is characterised in that electrode patterns are formed on a flexible substrate, which is supported on a cylindrical base member.

[0012] Meanwhile, the mass spectrometer to which the present invention pertains, being one wherein ions generated in an ion chamber are guided through an ion guide into a mass separator for separation in the prescribed manner and thence into a detector for analysis, is characterised in that the ion guide comprises electrode patterns formed on a flexible substrate, which is supported on a cylindrical base member.

[0013]

[Embodiments of the invention] There follows a more detailed description of the present invention with the aid of embodiments. Fig. 1 is a drawing to illustrate the outline structure of the ion guide to which the first embodiment of the present invention pertains when assembled; Fig. 2 is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 1 opened out and viewed from the front; Fig. 3 is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 1 opened out and viewed from the back; and Fig. 4 is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 1 when formed into a cylinder.

[0014] In Fig. 2, 30 is a rectangular flexible substrate with electrical insulation properties. It must be sufficiently pliable to allow it to be formed into a cylinder as described below, and a suitable material is capton film. On the front of the flexible substrate 30 are formed four each of the electrode patterns 11, 12. This may be achieved by using sputtering or vacuum deposition techniques while masking the surrounding areas, or by applying silver paste. The electrodes 11, 12 are in the shape of strips spaced at equal intervals in the  $\theta$  direction in such a manner that when the flexible substrate 30 is formed into a cylinder so that the edges 31, 32 in the  $z$  direction come into contact with each other, all the electrodes 11, 12 are seen to be

arranged at equal intervals on the circumference. Each of the four electrodes 11 has a perforation 21, while each of the four electrodes 12 has a perforation 25, and are connected electrically to a connecting electrode formed on the back of the flexible substrate 30 as explained below.

[0015] As may be seen from Fig. 3, a connecting electrode 22 is formed on the back of the flexible substrate 30 in such a manner as to connect the four perforations 21. Similarly, a connecting electrode 26 is formed in such a manner as to connect the four perforations 25. The perforations 21, 25 are the same as the perforations 21, 25 in Fig. 2. It should be noted that when the flexible substrate 30 is formed into a cylinder, the end sections 24A, 24B of the connecting electrode 22 come into contact, as do the end sections 28A, 28B of the connecting electrode 26. Accordingly, continuity is achieved on the one hand between the four electrodes 11 and on the other hand between the four electrodes 12 through their respective connecting electrodes, ensuring that the potential is the same. On the back of the flexible substrate 30 are further formed lead-in electrodes 23, 27 which are electrically connected from the connecting electrodes 22, 26 respectively. One end of each of these reaches to the end of the flexible substrate 30 in the  $\theta$  direction to form the end sections 23A, 27A, where they are connected to external terminals not depicted in the drawings.

[0016] Fig. 4 is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 1 when formed into a cylinder. On the inner surface of the cylinder are formed the strip-shaped electrodes 11, 12 spaced at equal intervals along the length of the cylinder. On the outer surface of the cylinder are formed the ring-shaped connecting electrodes 22, 26. An electrode 21A on the wall of the perforation is connected at the perforations 21, 25 as the enlarged cross-section below Fig. 4 demonstrates. It should be added that this electrode 21A may be formed by sputtering or vacuum deposition at the same time as the electrode 11 and others, but in the interests of ensuring electrical connection of electrodes on the front and back of the flexible substrate it is also possible to apply silver paste afterwards.

[0017] As may be seen from Fig. 1, the flexible substrate is fashioned into a cylinder by bringing sides 31, 32 into contact to form side 33. This is then fixed on to the inner surface of the base member 10, which is also cylindrical in shape. Silver paste may be applied to the area around side 33 with a view to ensuring electrical connection between the ends 24A, 24B of the connecting electrode 22, and the ends 28A, 28B of the connecting electrode 26.

[0018] The base member 10 must have insulation properties, and must not be subject to thermal or mechanical deformation, for which reason a glass or Teflon<sup>TM</sup> pipe is most suitable.

[0019] It should be added that with a view to facilitating connection to an external power source the ends 23A, 27A should protrude slightly from the edge of the base member 10. The flexible substrate 30 is fitted in such a manner that the electrodes 11, 12 are spaced at equal intervals around the inner circumference of the cylinder.

[0020] Lead-in electrodes 23, 27 and connecting electrodes 22, 26 are formed between the outer surface of the flexible substrate 30 and the inner surface of the base member 10 as the dotted lines in Fig. 1 indicate, and voltage is supplied by way of these and the perforations 21, 25 to the electrodes 11, 12. The flexible substrate 30 may be attached to the base member 10 with a suitable adhesive or bond.

[0021] An octapole ion guide of this type is like a flat version of the conventional rod-type (cylindrical) electrodes, and optimisation of the width and spacing of the pattern makes it capable of generating an electric field equivalent to that of a conventional octapole ion guide.

[0022] Figs. 5, 6 and 7 illustrate another embodiment of the present invention. In Fig. 5 the flexible substrate is opened out and viewed from the front, and in Fig. 6 from the back, while Fig. 7 depicts it fashioned into a cylinder.

[0023] As may be seen from Fig. 5, in this example a strip pattern of electrodes 41-45 is formed at fixed intervals in the z direction on the flexible substrate 30. Each of the electrodes 41-45 has a perforation 46-50. As Fig. 6 demonstrates, the perforations 46-50 are connected electrically by way of connecting electrodes 51-54, which may conduct well or may have a resistive component. Either way, the electrode patterns can easily be formed by sputtering or vacuum deposition. If it is desired to provide a resistive component, a material with a high resistivity may be selected to form the pattern, or alternatively the same effect may be achieved by reducing the thickness and width in that section. Of the five perforations 46-50 the two outermost ones 46, 50 are provided with lead-in electrodes 58, 59 which can be connected to the terminals of an external power source at the ends 58A, 59A of the flexible substrate 30.

[0024] It should be added that if the connecting electrodes are given a resistive component, it is possible to impart a DC voltage gradient between electrodes, thus making it simple to accelerate or decelerate the ions.

[0025] Figs. 8 and 9 illustrate yet another embodiment of the present invention pertains. In Fig. 8 the flexible substrate is opened out and viewed from the front, while in Fig. 9 it has been formed into a cylinder.

[0026] As may be seen from Fig. 8, in this example a strip pattern of electrodes 61–68 is formed at fixed intervals in the  $z$  direction on the flexible substrate 30. The electrodes 61–68 are not at right-angles to the  $z$  direction but are inclined obliquely to it, so that when the flexible substrate is formed into a cylinder in the  $\theta$  direction, one end 61B of the electrode 61 and one end 62A of the electrode 62 come into contact with each other. In the same manner, one end 62B of the electrode 62 comes into contact with one end 63A of the electrode 63, and so on with the result that they form a single spiral electrode as illustrated in Fig. 9. One end 61A of the electrode 61 comes at the left-hand edge of the flexible substrate 30, while one end 68B of the electrode 68 comes at the right-hand edge, and it is here that they can be connected to terminals of an external power source.

[0027] In all the above examples of the ion guide, connections with the external power source have been effected in the vicinity of the edge of the flexible substrate 30. However, it is also possible to create perforations in the base member 10 in such a manner that they are over the connecting electrodes or the perforations on the back of the flexible substrate 30, in which case voltage can be impressed directly through these perforations in the base member, and there is no need for any lead-in electrodes. Electrodes formed in this manner produce the same effect as a conventional ion guides with spiral electrodes.

[0028]

[Effect of the invention] As has been explained above, the ion guide to which the present invention pertains is characterised by having electrode patterns formed on a flexible substrate, which is then shaped into a cylinder and held in position. This means that there is no need to use any retaining member or bolts when assembling it. Moreover, there is no need for any adjustment. The resultant ion guide has a narrow diameter, which allows for more effective convergence of the ions passing through it.



**[Brief description of the drawings]**

[Fig. 1] is a drawing to illustrate the outline structure of the ion guide to which the first embodiment of the present invention pertains when assembled;

[Fig. 2] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 1 opened out and viewed from the front;

[Fig. 3] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 1 opened out and viewed from the back;

[Fig. 4] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 1 when formed into a cylinder;

[Fig. 5] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide to which another embodiment of the present invention pertains opened out and viewed from the front;

[Fig. 6] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide to which another embodiment of the present invention pertains opened out and viewed from the back;

[Fig. 7] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 5 when formed into a cylinder;

[Fig. 8] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide to which yet another embodiment of the present invention pertains opened out and viewed from the front;

[Fig. 9] is a drawing to illustrate the flexible substrate used in the ion guide depicted in Fig. 8 when formed into a cylinder;

[Fig. 10] is a drawing to illustrate the structure of a conventional ion guide;

[Fig. 11] is a drawing to illustrate the relationship between the A rod and A ring in the ion guide depicted in Fig. 10;

[Fig. 12] is a drawing to illustrate the relationship between the B rod and B ring in the ion guide depicted in Fig. 10; and

[Fig. 13] is a drawing to illustrate the overall structure of a mass spectrometer using an ion guide.

**[Explanation of the codes]**

- 10           Base member
- 11, 12      Electrode
- 21           Perforation
- 22           Connecting electrode

# ION GUIDE, AND MASS SPECTROMETER USING SAME

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| 23  | Lead-in electrode           |
| 23A | End section                 |
| 25  | Perforation                 |
| 26  | Connecting electrode        |
| 27  | Lead-in electrode           |
| 27A | End section                 |
| 30  | Flexible substrate          |
| 111 | Nozzle                      |
| 112 | First intermediate chamber  |
| 115 | Second intermediate chamber |
| 116 | Skimmer                     |
| 117 | Ion guide                   |
| 118 | Mass analysis chamber       |
| 119 | Quadrupole                  |
| 120 | Detector                    |